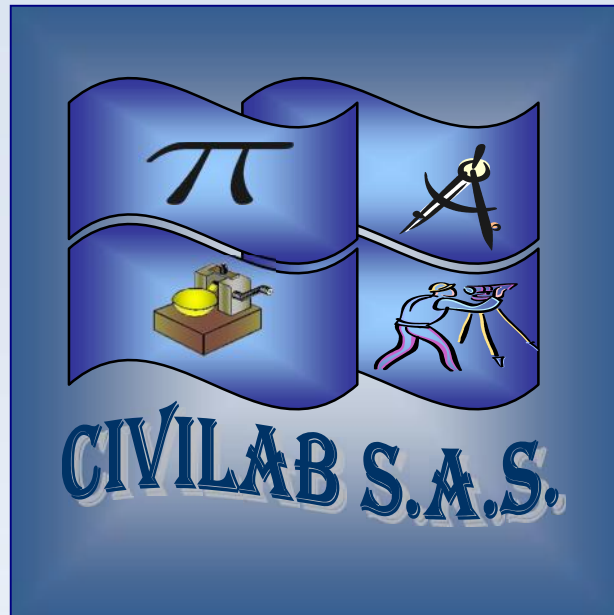


**ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
DE UN PUENTE EN LA VEREDA SAN PEDRO SOBRE LA
QUEBRADA SAN PEDRO EN EL MUNICIPIO DE SOCOTÁ,
DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**



**INTEGRAL DE
OBRAS CIVILES &
LABORATORIO
S.A.S.**

FEBRERO 2019

**ESTUDIOS DE SUELOS Y CIMENTACIONES, LABORATORIO
DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETOS, TOPOGRAFÍA,
DISEÑOS ARQUITECTÓNICOS, ESTRUCTURALES,
CONSTRUCCIÓN, CONSULTORÍA E INTERVENTORÍA DE
OBRA CIVIL.**



TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	3
2	OBJETIVO GENERAL.....	4
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3	METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	5
4	UBICACIÓN	6
5	GEOLOGÍA GENERAL	7
6	GEOMORFOLOGÍA REGIONAL.....	8
7	EFFECTOS LOCALES	9
7.1	CLASIFICACIÓN DE PERFIL DE SUELO	9
7.2	PARÁMETROS SÍSMICOS DEL PROYECTO.....	10
8.	EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA	11
9.	CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE.....	12
9.1	ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE FUNDACIONES.....	14
9.2	PARÁMETROS DE DISEÑO PARA MURO DE CONTENCIÓN	14
10	CONCLUSIONES.....	15

Listado de figuras

Figura 1.	Ubicación zona de estudio	6
Figura 2.	Geología del sitio de estudio.....	7
Figura 3.	Geomorfología del sector.	8
Figura 4.	Perfil sondeo N°1 y N°2.....	11



1 INTRODUCCIÓN

El municipio de Cerinza se localiza en la provincia de Valderrama del departamento de Boyacá, dentro de sus principales actividades económicas se tiene, la agricultura, ganadería, minería como segundo renglón económico); el desarrollo de la región obliga al ajuste de las nuevas condiciones a las exigencias en materia sismo resistente que están contempladas en la norma colombiana en cuanto a su infraestructura vial que rige el código CCP14.

Para el sitio objeto de estudio, se realiza el presente estudio de suelos el cual tiene como objeto conocer las condiciones de soporte, características físicas y mecánicas de los suelos objeto de estudio mediante perforaciones y recuperaciones de muestras acorde a las especificaciones de ensayos INVIAS vigentes, así mismo lo estipulado en la NSR 2010 en materia de exploración geotécnica.



2 OBJETIVO GENERAL

Realizar estudio de suelos para el diseño y construcción de un puente vehicular ubicado en la vereda San Pedro en el municipio de Socotá del departamento de Boyacá.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar caracterización de la zona objeto de estudio.
- Realizar exploración del subsuelo teniendo como referente lo establecido por la normativa colombiana.
- Determinar columna estratigráfica a partir de los sondeos realizados.
- Calcular capacidad portante para el sitio referente de construcción.
- Emitir recomendaciones para la construcción de las obras desde el punto de vista geotécnico.



3 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

- Inspección de campo a nivel preliminar, ésta se realizó con el fin de determinar las características generales de la zona específica de estudio y efectuar una sectorización geotécnica visual.
- Revisión de la información existente, descripción de la zona del proyecto considerando los aspectos más relevantes, información climatológica, aspectos culturales y económicos, entre otros, que sirven como apoyo para determinar las condiciones generales a las cuales estará sometido el sector objeto de estudio.
- Determinación de sondeos acorde a las obras proyectadas.
- Se establece un perfil estratigráfico a partir de los sondeos realizados, así mismo se determina los parámetros geomecánicos para cada horizonte.
- Se realiza cálculo de capacidad portante para cada sitio particular.
- Emitir conclusiones y recomendaciones a partir de la información capturada y procesada.



4 UBICACIÓN

La zona objeto de estudio se enmarca en la provincia de Valderrama, a 84 Km de la capital de provincia (Duitama), Limita por el Norte con los Municipios de Jericó y Sativa Norte, por el Sur con los Municipios de Pisba y Mongua, por el Oriente con el municipio de Chita y Támara, por el Occidente con los municipios de Sativa Sur, Tasco, Socha y Gameza.

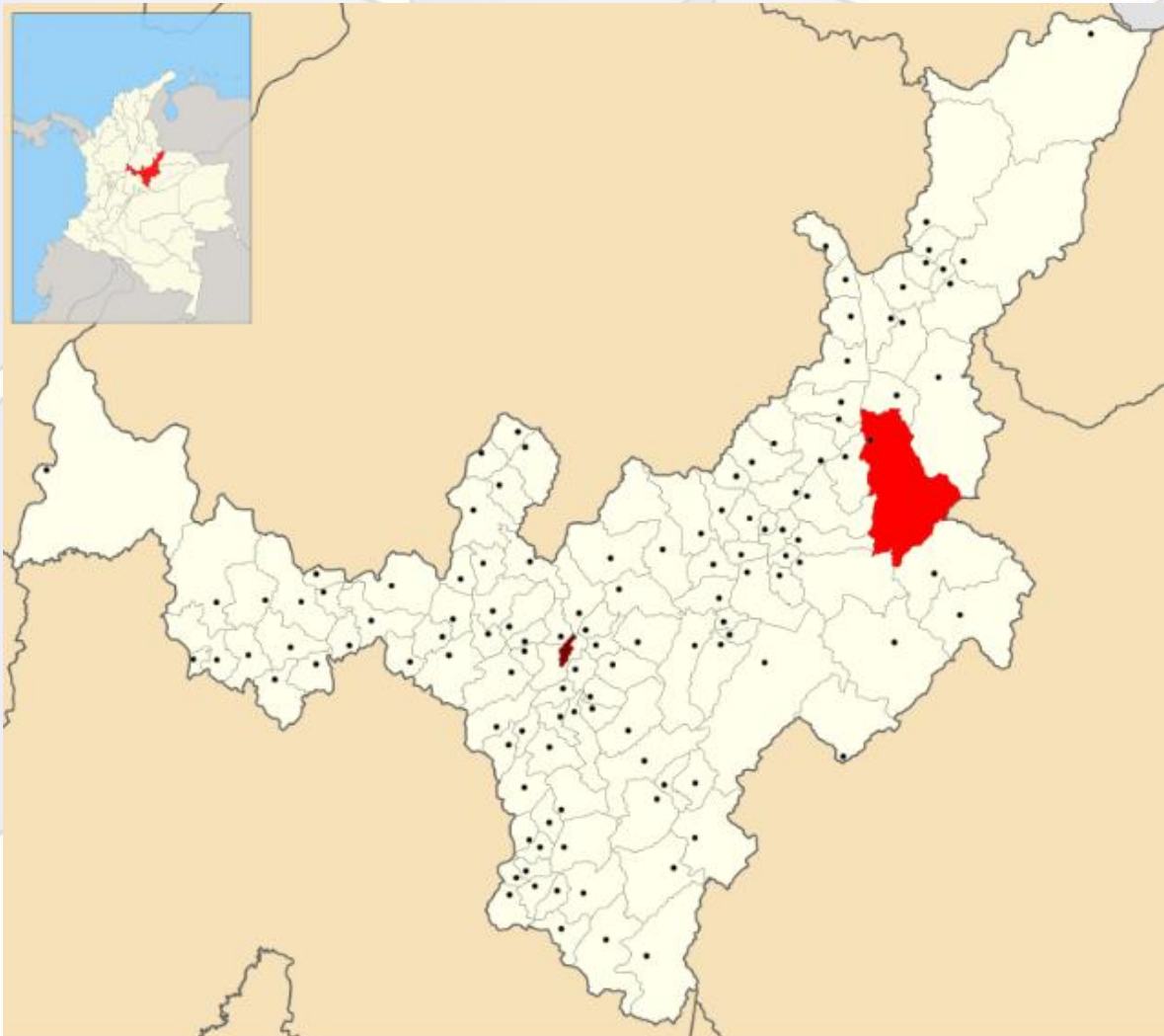


Figura 1. Ubicación zona de estudio

5 GEOLOGÍA GENERAL

La zona de estudio está enmarcada en la plancha geológica N°173 del Instituto Geológico Colombiano.

A continuación, se relaciona características geológicas del municipio de Socotá, especificando para el sector de la vereda San Pedro.

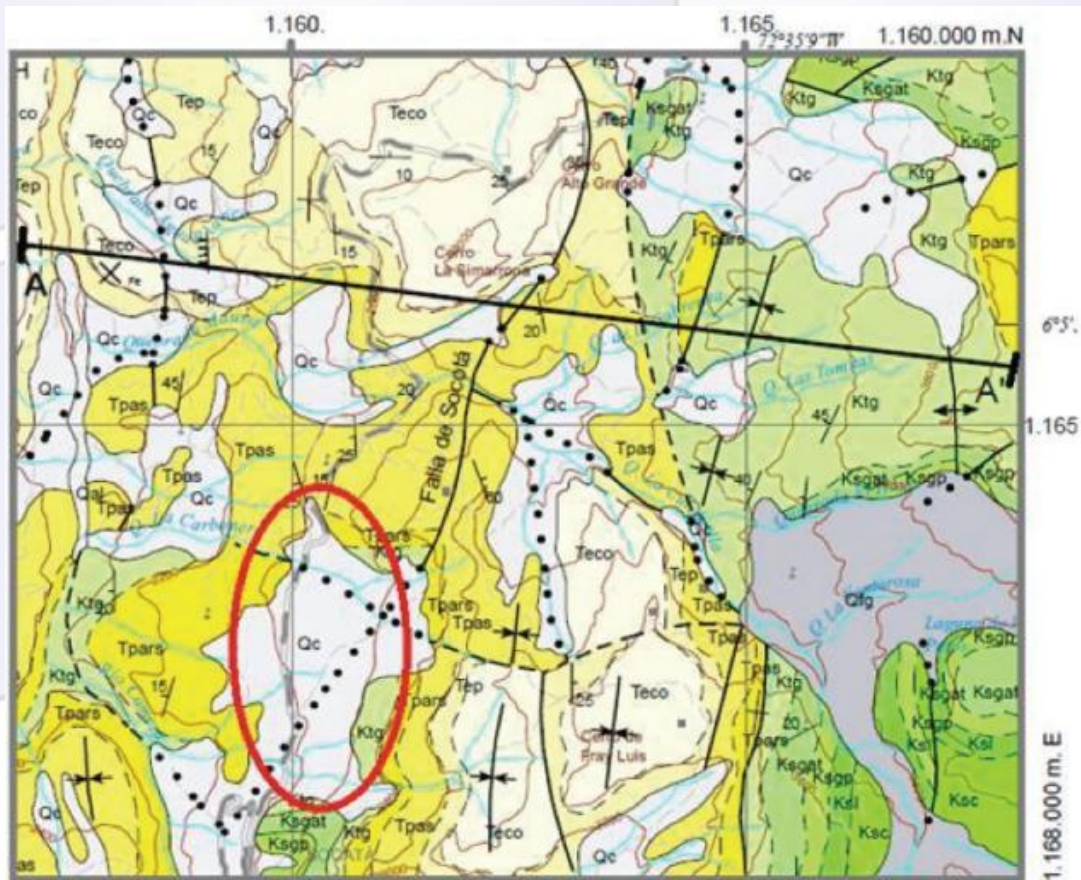


Figura 2. Geología del sitio de estudio.

Descripción litológica:

En la zona afloran rocas sedimentarias pertenecientes al miembro superior de la formación Guaduas, la parte basal de la formación Socha inferior, así como amplios y espesos depósitos cuaternarios de tipo coluvial.

6 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

La zona de estudio está enmarcada por el sinclinal el crisol, con pendiente estructural en sentido, sur-norte, lo que favorece el desprendimiento y meteorización de la roca sedimentaria generando depósitos coluvial con fragmentos de grueso tamaño, se citan espesores de 30-60 metros.

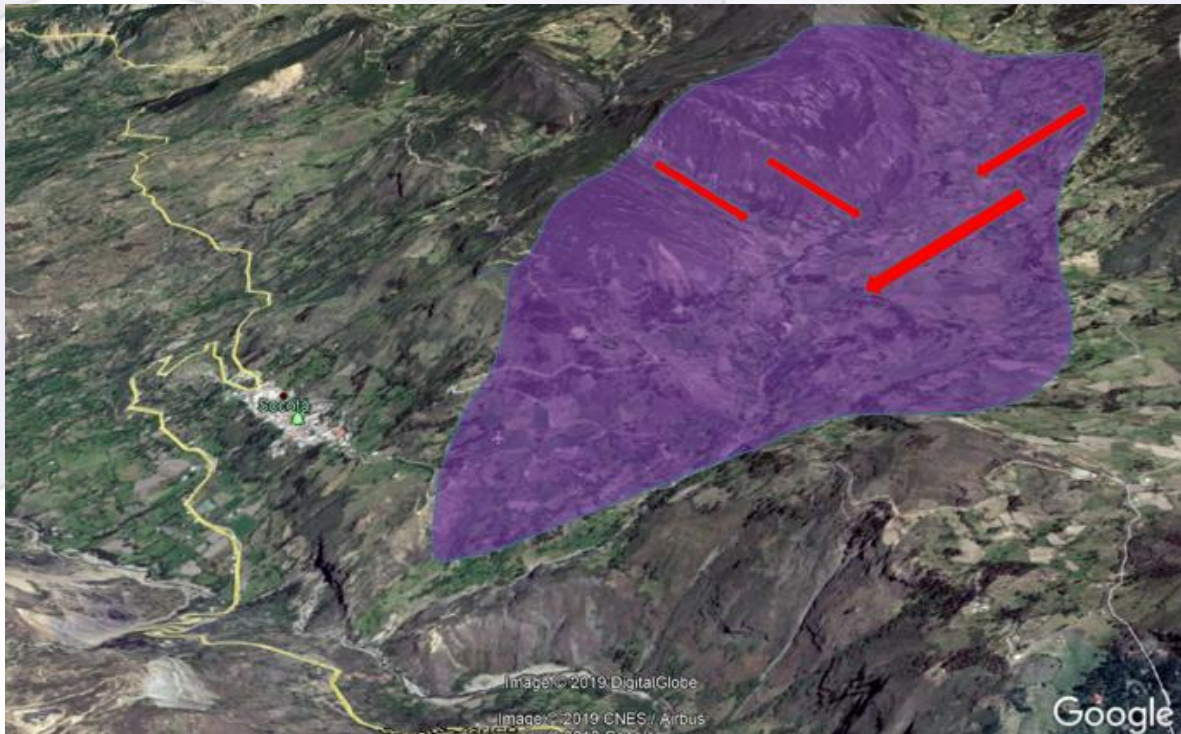


Figura 3. Geomorfología del sector.



7 EFECTOS LOCALES

7.1 CLASIFICACIÓN DE PERFIL DE SUELO

Acorde a la NSR 2010 Y LA Tabla A.2.4-1 y A.2.4-2 Se tiene:

Tabla A.2.4-1
Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{v}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100$ kPa (≈ 1 kgf/cm ²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{v}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$, o $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u \geq 50$ kPa (≈ 0.5 kgf/cm ²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$180 \text{ m/s} > \bar{v}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20 w $\geq 40\%$ $50 \text{ kPa} (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F₁ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F₂ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F₃ — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F₄ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)	

Tabla A.2.4-2
Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C, D o E

Tipo de perfil	\bar{v}_s	\bar{N} o \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u
C	entre 360 y 760 m/s	mayor que 50	mayor que 100 kPa (≈ 1 kgf/cm ²)
D	entre 180 y 360 m/s	entre 15 y 50	entre 100 y 50 kPa (0.5 a 1 kgf/cm ²)
E	menor de 180 m/s	menor de 15	menor de 50 kPa (≈ 0.5 kgf/cm ²)

Luego el perfil de suelo acorde al promedio de N (20) corresponde a **PERFIL TIPO D**.



7.2 PARÁMETROS SÍSMICOS DEL PROYECTO

Coefficientes de amplificación

A continuación, se definen los coeficientes de amplificación del suelo del área de estudio acorde a las tablas A.2.4-3 y A.2.4- de la NSR 2010:

Tabla A.2.4-3
Valores del coeficiente F_a , para la zona de periodos cortos del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

Tabla A.2.4-4
Valores del coeficiente F_v , para la zona de periodos intermedios del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Nota: Para el perfil tipo **F** debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con A.2.10.

Teniendo en cuenta la intensidad de los movimientos sísmicos para la localidad de Cerinza y el valor de A_a de 0.20 del mapa de zonificación, se tendrá un valor de F_a de 1.3 y F_v de 1.90.

8. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

En los anexos se ilustra ubicación de los sondeos realizados; en resumen, se realizan 2 sondeos mecánicos, la disposición de los mismos estaban en función de la ubicación de las obras proyectadas un sondeo por la proyección de cada estribo.

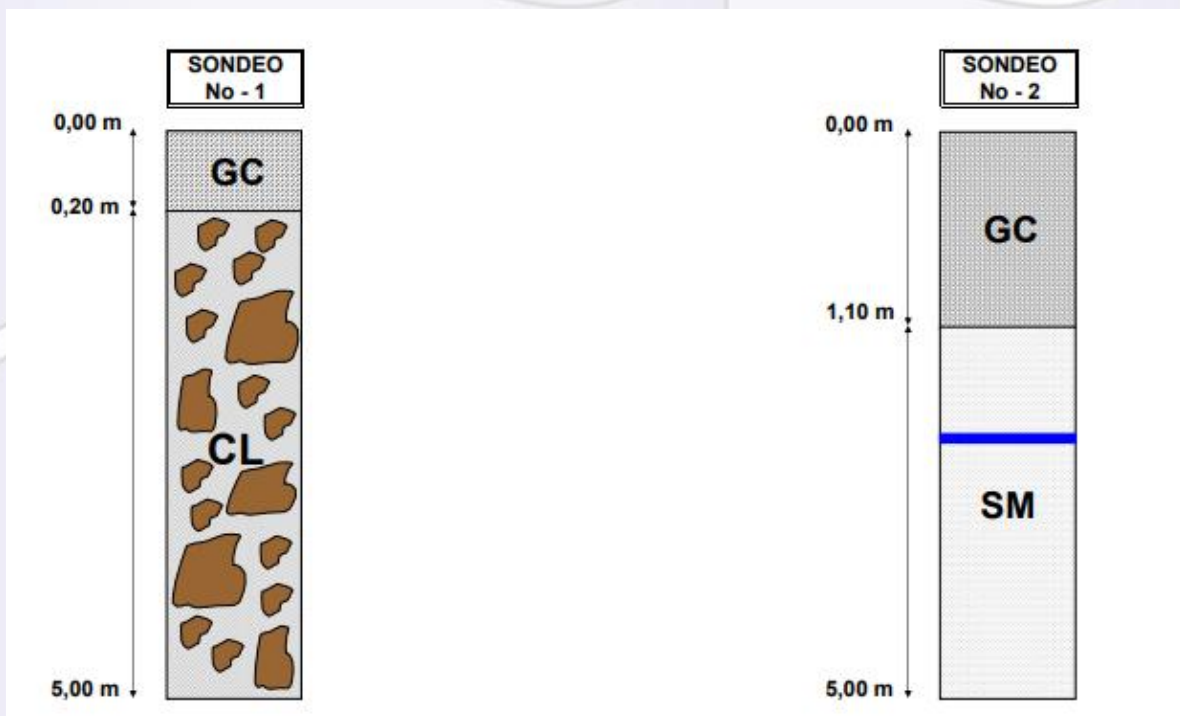


Figura 4. Perfil sondeo N°1 y N°2

Sondeos que alcanzaron los 5,0 metros de profundidad mediante perforación manual por percusión. Para cada uno de los sondeos se extrajeron muestras tanto alteradas como inalteradas que permitieron adelantar los siguientes ensayos de laboratorio, los resultados se anexan a este informe.

- Propiedades físicas:
 - ✓ Humedad natural



✓ Pesos unitarios

- Propiedades índices:

- ✓ Límites de Atterberg

- Propiedades mecánicas:

- ✓ Ensayo SPT.

Se maneja un promedio de las principales teorías manejando datos un poco más conservadores y considerando profundidades de SPT no superior a 5.00 metros, punto donde dio rechazo el ensayo, probablemente por las rocas embebidas en la matriz arcillosa.

9. CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE

PROMEDIO SONDEOS N°1, N°2.

Para efectos de cálculo de capacidad portante se tuvo en cuenta el sondeo localizado al lado de la matriz arcillosa, el segundo sondeo mostró en la columna nivel freático y naturaleza arenosa, muy probablemente sea material de arrastre de la quebrada, esto siendo consecuentes con la geología estructural de la zona y el depósito coluvial por el desprendimiento y meteorización de la roca.

	W (%)	Y (Ton/m ³)	Yd (Ton/m ³)
		2,10975	1,77575
		2,133	1,84
		2,13975	1,8455
PROM	8,9	2,13	1,82

DATOS DE ENTRADA						
ABSCISA	K05+800	PROFUNDIDAD. (m)		GOLPES		
SONDEO	MUESTRA	INFERIOR	SUPERIOR	N1	N2	N3
1	SPT-1	1,00	1,50	18	22	20
	SPT-2	1,50	2,00	20	22	25
	SPT-3	2,00	2,50	22	21	25
	SPT-4	2,50	3,00	20	25	25
	SPT-5	3,00	3,50	25	28	30
	SPT-6	3,50	4,00	30	28	32
	SPT-7	4,00	4,50	30	33	30



Integral de obras civiles & laboratorio S.A.S.
Nit: 900.637.164 - 9

Prof prom.	Ncampo	CORRECCIONES				σ_v' (Ton/m ²)	RS	CN										Ncorr (N ₄₅)	
		N1	N2	N3	N4			Peck	Seed	Meyerhof - Ishihara	Liao- Withman	Skempton	Seed-Idriss	González	Schmertmann	Min.	Max.		Prom.
1,25	42	45	1	1	1	2,66	0,2663	1,44	1,72	1,76	1,94	1,58	1,81	1,57	2,08	1,44	2,08	1,74	57
1,75	47	45	1	1	1	3,73	0,3728	1,33	1,54	1,58	1,64	1,46	1,6	1,43	1,83	1,33	1,83	1,55	56
2,25	46	45	1	1	1	4,79	0,4793	1,25	1,4	1,44	1,44	1,35	1,45	1,32	1,63	1,25	1,63	1,41	50
2,75	50	45	1	1	1	5,86	0,5858	1,18	1,29	1,32	1,31	1,26	1,33	1,23	1,47	1,18	1,47	1,3	49
3,25	58	45	1	1	1	6,92	0,6923	1,12	1,2	1,22	1,2	1,18	1,23	1,16	1,34	1,12	1,34	1,21	53
3,75	60	45	1	1	1	7,99	0,7988	1,07	1,12	1,13	1,12	1,11	1,14	1,1	1,23	1,07	1,23	1,13	51
4,25	63	45	1	1	1	9,05	0,9053	1,03	1,05	1,06	1,05	1,05	1,06	1,04	1,14	1,03	1,14	1,06	50

Angulo de fricción efectivo equivalente, θ_{eq}'												τ (Ton/m ²)	Φ°	C promedio
Peck	Peck, Hanson y Thornburn	Kishida	Schmertmann	JNR	JRB	Hatanaka y Uchida	Min.	Max.	Prom.	θ_{eq}'				
42,8	42	41,7	47,7	37,7	38,1	53,8	37,7	53,8	43,4	41,7	2,37	40,54	4,98	
42,5	41,9	41,5	47,5	37,5	37,9	53,5	37,5	53,5	43,2	41,5	3,30			
41,0	40,8	40,0	46,4	36,4	36,7	51,6	36,4	51,6	41,8	40,0	4,02			
40,8	40,6	39,7	46,2	36,2	36,4	51,3	36,2	51,3	41,6	39,7	4,86			
41,8	41,3	40,7	47,0	36,9	37,3	52,6	36,9	52,6	42,5	40,7	5,95			
41,3	41	40,2	46,6	36,6	36,9	51,9	36,6	51,9	42,1	40,2	6,75			
41,0	40,8	40,0	46,4	36,4	36,7	51,6	36,4	51,6	41,8	40,0	7,60			

Dimensiones				C (T/m ²)	ϕ	Nf (m)	FS	γ_q (T/m ³)	γ_f (T/m ³)	α	Sc	Sy	Sq	bc	by	bq	Nc	Nq	Ny	Cwy	Cwq	quft (T/m ²)	qadm (T/m ²)
Df(m)	B(m)	L(m)	Bf(m)																				
0,0	1,0	1,0	0,66	0,66	4,98	0	1	3	1,82	1,70	0,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	5,7	1,0	0,0	0,50	1,00	34,1	11,4
0,0	1,5	1,5	0,99	0,99	4,98	0	1	3	1,82	1,70	0,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	5,7	1,0	0,0	0,50	1,00	34,1	11,4
0,0	2,0	2,0	1,32	1,32	4,98	0	1	3	1,82	1,70	0,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	5,7	1,0	0,0	0,50	1,00	34,1	11,4
0,0	2,5	2,5	1,65	1,65	4,98	0	1	3	1,82	1,70	0,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	5,7	1,0	0,0	0,50	1,00	34,1	11,4
0,0	3,0	3,0	1,98	1,98	4,98	0	1	3	1,82	1,70	0,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	5,7	1,0	0,0	0,50	1,00	34,1	11,4
0,0	3,5	3,5	2,31	2,31	4,98	0	1	3	1,82	1,70	0,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	5,7	1,0	0,0	0,50	1,00	34,1	11,4
1,0	1,0	1,0	0,66	0,66	4,98	0	1	3	1,82	1,70	0,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	5,7	1,0	0,0	0,50	1,00	35,9	12,0
1,0	1,5	1,5	0,99	0,99	4,98	0	1	3	1,82	1,70	0,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	5,7	1,0	0,0	0,50	1,00	35,9	12,0
1,0	2,0	2,0	1,32	1,32	4,98	0	1	3	1,82	1,70	0,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	5,7	1,0	0,0	0,50	1,00	35,9	12,0
1,0	2,5	2,5	1,65	1,65	4,98	0	1	3	1,82	1,70	0,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	5,7	1,0	0,0	0,50	1,00	35,9	12,0
1,0	3,0	3,0	1,98	1,98	4,98	0	1	3	1,82	1,70	0,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	5,7	1,0	0,0	0,50	1,00	35,9	12,0
1,0	3,5	3,5	2,31	2,31	4,98	0	1	3	1,82	1,70	0,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	5,7	1,0	0,0	0,50	1,00	35,9	12,0
1,5	1,0	1,0	0,66	0,66	4,98	0	1	3	1,82	1,70	0,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	5,7	1,0	0,0	0,50	0,50	35,4	11,8
1,5	1,5	1,5	0,99	0,99	4,98	0	1	3	1,82	1,70	0,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	5,7	1,0	0,0	0,50	0,50	35,4	11,8
1,5	2,0	2,0	1,32	1,32	4,98	0	1	3	1,82	1,70	0,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	5,7	1,0	0,0	0,50	0,50	35,4	11,8
1,5	2,5	2,5	1,65	1,65	4,98	0	1	3	1,82	1,70	0,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	5,7	1,0	0,0	0,50	0,50	35,4	11,8
1,5	3,0	3,0	1,98	1,98	4,98	0	1	3	1,82	1,70	0,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	5,7	1,0	0,0	0,50	0,50	35,4	11,8
1,5	3,5	3,5	2,31	2,31	4,98	0	1	3	1,82	1,70	0,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	5,7	1,0	0,0	0,50	0,50	35,4	11,8



9.1 ANÁLISIS GEOTÉCNICO DE FUNDACIONES

Teniendo en cuenta los resultados de la exploración del subsuelo y los ensayos de laboratorio, se recomienda trabajar **estribos con zarpa superficial** teniendo en cuenta la metodología empleada para suelos cohesivos saturados en condición no drenada (considerando estratos arcillosos encontrados en la exploración del subsuelo), e indicada en el reglamento colombiano de construcción sismo-resistente NSR-10 se recomienda trabajar a nivel estructural con una capacidad portante de **11.40 Ton/m²**, sin embargo se recomienda amarrar la estructura con pilotes de 1.20 metros de diámetros, profundidad de 6.0 metros, esto considerando la profundidad plana del sondeo mecánico, una longitud superior resulta antieconómica e ineficaz por las condiciones del depósito coluvial.

9.2 PARÁMETROS DE DISEÑO PARA MURO DE CONTENCIÓN

Coefficiente de presión de tierras-Coefficiente de fricción

	ϕ (°)
Reposo	$K_0 = 1 - \tan \phi$
Activo	$K_a = \frac{1 - \tan \phi}{1 + \tan \phi}$

Considerando un $\phi=41$, los coeficientes están dados por:

$$K_0 = 0.35$$

$$K_a = 0.20$$



10 CONCLUSIONES

- Se calcula la capacidad portante por cada sondeo realizado, obteniendo valores como 11.4 Ton/m² como el mínimo y con el cuál se recomienda trabajar por cuestión conservadora teniendo en cuenta la naturaleza del material analizado, se anexa esquema de ubicación de los sondeos, así mismo cada punto tiene su cálculo de capacidad portante y queda a juicio del ingeniero estructural su manejo.
- Se recomienda manejar estribos convencionales con zarpa amarrada como capitel a un par de pilotes de 1.20 metros de diámetros y profundidad de 6.0 metros.
- Se debe trabajar con coeficientes de aceleración $F_a = 1.30$ y $F_v = 1.90$ acorde a lo expuesto en el capítulo de parámetros sísmicos del proyecto, para el sitio de exploración se tiene un perfil tipo D.
- Se recomienda implementar obras tipo flexible (gaviones, geomembranas) esto dado que en el momento de la inspección y exploración se evidencia actividad del depósito coluvial y con ello los empujes de terreno, estructuras rígidas tenderán a romperse entre más largas sean.
- Se recomienda mover la posición del puente aguas abajo, esto dado que estructuras como la alcantarilla ubicada aguas abajo no presentan estrangulamiento ni desacomodo de la tubería, lo que puede inferir en una menor actividad del coluvión.
- Se deja claro que los movimientos de terreno seguramente continuarán dada la naturaleza de formación, los procesos eólicos y la meteorización de la roca sedimentaria, las estructuras se deberán similar con fuerzas laterales y se deberá tener en consideración condiciones sísmicas para la zona, esto como zona de amenaza sísmica alta.

DIEGO FERNANDO ESCOBAR MALAVER

INGENIERO GEOTECNISTA

MP 01110-1036 CPITV